中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）33(4)：377～386（1984）

大豆植株營養要素之累積與分佈

Ⅱ. 全生育期磷、鉀與鎂之濃度變化

王強生[2]　魏夢麗[3]　劉大江[3]

摘要：於民國70年夏作與71年春作栽培大豆高雄３號及十石二品種，在各生育期分析植株器官磷、鉀與鎂素濃度，於期作間進行比較，並探討與產量間的關係。試驗結果顯示春、夏作二品種植株各部位三項要素濃度均在合理範圍內，亦即供試植株之營養正常。春作大豆營養器官（葉片、葉柄、莖稈與根）磷、鉀及鎂濃度均較夏作為高，尤以葉片的表現最爲明顯。營養器官要素濃度均於種子充實期間下降，幅度以夏作較爲顯着，係營養要素再轉移至種子的結果，唯一之例外爲葉柄鎂濃度變化，於種子充實期間急劇升高，推測與器官之老化及離層之產生有密切關係。生殖器官所含三項要素濃度亦以春作略高，莢果壁磷、鉀濃度於種子開始充實以後逐漸下降，有明顯的再轉移現象，但同一期間鎂濃度則迅速升高。同一期作兩品種植株各部位磷、鉀與鎂濃度變化趨勢相似，顯示大豆營養要素的吸收與轉移受環境因子之影響甚大。春作大豆植株營養要素濃度雖高於夏作，但種子產量較低，表示如在合理範圍內，要素濃度高低與產量並無明確關係。試驗結果並建議臺中地區春作各項環境因子不利於大豆種子生產，從而限制營養要素再轉移至種子，導致生育後期營養器官內有較高的元素濃度。

各種營養要素對作物產量的直接効益雖難予以精確估計，然而營養要素對於植株生長發育、各器官正常功能之維持及代謝作用之進行的重要性已被證實，Ojima *et al*.[24]與 Boote *et al*.[7]發現大豆葉片磷濃度和光合作用速率呈正相關，缺磷時光合作用速率即下降； Ozanne[25]認爲這種光合能力降低可能與醣類累積有關，因爲缺磷時醣類的轉化（conversion）與轉移（translocation）都受到影響。Bethlenfalvay and Yoder[6]與 Cassman *et al*.[8]發現缺磷可能抑制根瘤的形成，並影響植株對根與根瘤乾物質之分配；豆科作物欲有最大之固氮作用，必須施用較多的磷肥[25]。

鉀素會影響大豆根瘤重、根瘤數及血紅素之活性[10]，Nelson *et al*.[23]指出鉀素供給充足時，大豆莢數大量增加，莢果充實度提高60—79%，皺縮種子由 35%減少爲３%，種子增大 25%；此外，Conti and Geiger[9]與 Geiger and Conti[13]在許多作物中發現增加鉀供應量可提高光合產物之轉移與淨二氧化碳交換速率、篩管負載（phloem loading）、積儲移出（sink unloading）及積儲組織內的各種化學轉化作用。

鎂爲葉綠素之組成分，葉片內約 10%的鎂用以合成葉綠素[19]，鎂並爲許多酵素如 RuBP carboxylase[27]及 kinase 等酵素系統[4]之活化劑。

各種營養要素對大豆生長之重要性不容置疑，關於植株各部位營養要素分配的平衡與否對產量的重要性，Gent[14]認爲局部缺乏營養要素或供需不平衡均會導致產量損失。本研究室曾報告臺中地區

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第 1186 號。本報告爲第一作者碩士論文之一部份。

2.前國立中興大學糧食作物研究所研究生，現爲本所農藝系助理研究員。

3.本所農藝系助理與研究員兼系主任。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

夏作大豆產量遠高於春作[1]，認爲與乾物質分配効率有關，繼而探討營養狀況，發現期作間非構造性碳水化合物與氮素濃度呈現差異，但不足以說明產量差距的原因[2]，本研究繼續分析植株三種重要營養要素濃度在春、夏作的變化情形，以明瞭大豆營養生理及與產量間的關係。

材料與方法

試驗於民國70年夏作與71年春作在臺中縣霧峰鄉臺灣省農業試驗所農場進行，採用現行栽培大豆品種十石（Shih-Shih, SS）與高雄3號（Kaohsiung No. 3, KS-3）爲材料，以逢機完全區集設計（RCBD）重複6次施行。田間栽培管理、取樣方法及樣品處理均如前文[1,2]所述，樣品於乾燥磨粉後進行磷、鉀與鎂素之濃度分析。

樣品先依 Issac and Jones, Jr. [20] 與 Liu[21]之方法行乾式灰化，先秤取 500mg 樣品置於

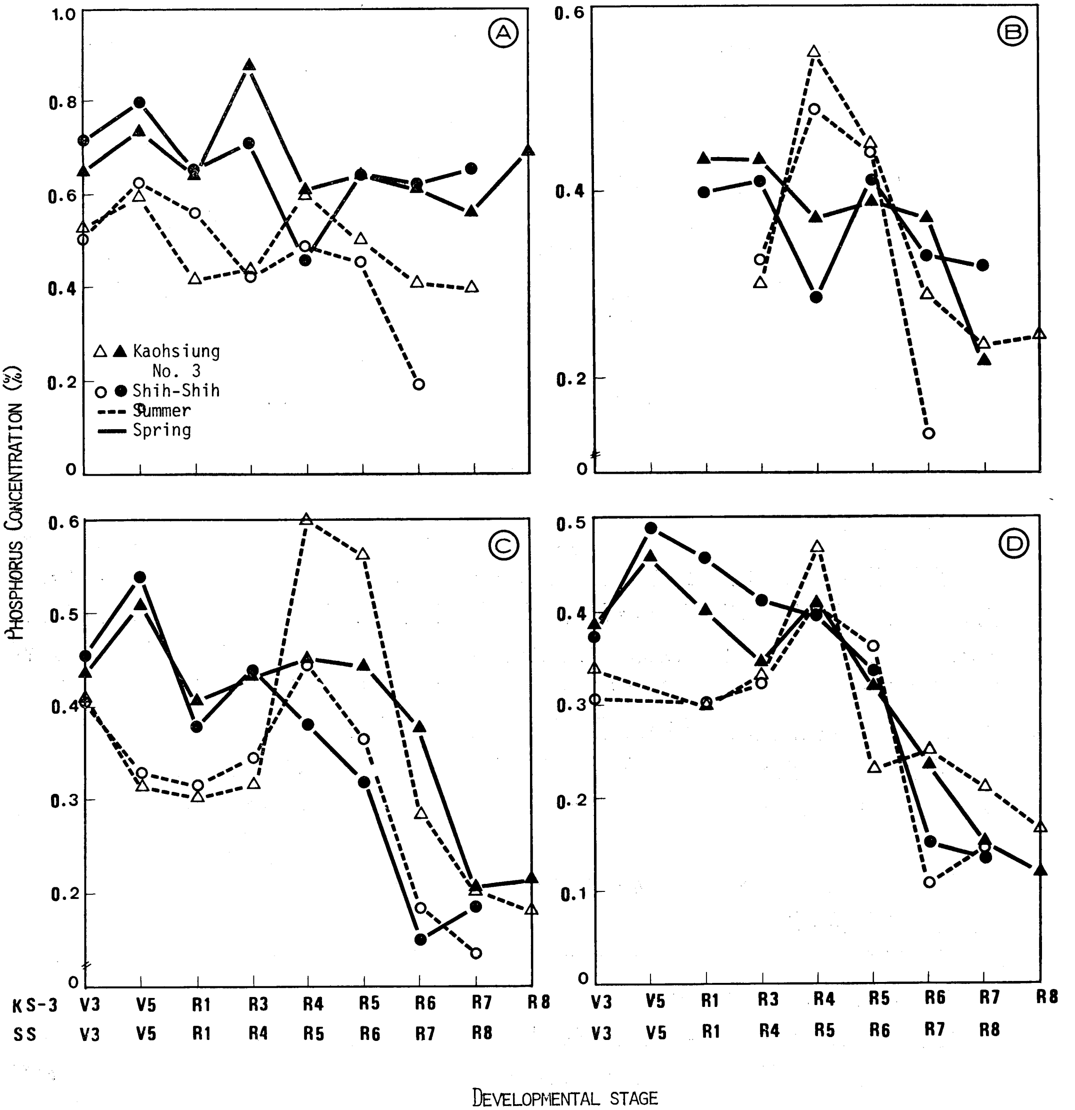

Fig. 1. Changes of P concentration (%, dry basis) of (A) leaf blade, (B) petiole, (C) stem and (D) root of soybean plants at successive developmental stages in the summer (1981) and spring (1982) crop seasons.

50ml 坩鍋中，加入含 2 %濃硫酸之純酒精溶液，充份燃燒後在高溫灰化爐中以 550°C 灰化 6 小時，冷却後取出，加入 5ml 鹽酸（3 ： 1）溶液，以蒸氣加熱15分鐘，再經 Whatman No. 2 濾紙過濾，而後以二次蒸餾水定量至 50ml ，留供分析用。磷素係以鉬藍法（colorimetric-Mo blue method）利用分光比色計（Perkin-Elmer model 55 spectrophotometer）於 660nm 波長測定。鉀素以焰光光度計（Corning model 400 flame photometer）測定。鎂素以原子吸收光譜儀（Varian Techtron model AA-5 atomic absorption spectrophotometer）測定。上述各元素之分析均以每一重複爲一樣品，6 重複合計爲 6 個樣品，每一樣品分析 2 次，以其平均値表示。

結　果

大豆植株營養器官中以葉片的磷濃度最高，期作間比較又以春作較夏作爲高（圖 1 A）；葉片磷濃度自營養生長初期開始逐漸上升，進入生殖生長時下降，其後春作在豆莢發育（ R3 期）時又行升高，高雄 3 號與十石之濃度分別爲0.87%與0.71%，在種子充實期間維持於0.6—0.7%，下降並不顯著。夏作大豆高雄 3 號在 R3 期，十石在 R4 期以前之葉片磷濃度僅爲0.45%，遠較春作爲低，隨後回升，但在種子充實期間又明顯下降，表示有多量的再轉移現象，與春作的表現不同。

葉柄、莖桿與根部的磷濃度變化分別示於圖 1B-D，二品種在同一期作的變化趨勢相近；夏作葉柄於種子開始充實以前的磷濃度最高，但隨後的下降非常明顯；春作於種子開始充實前的葉柄磷濃度遠較夏作爲低，唯其後濃度下降的幅度亦較小。莖桿與根部的磷濃度變化趨勢相似，春作二部位自生育初期開始濃度逐漸上升，進入生殖生長時大幅下降，種子充實前略有升高（約0.4%），之後隨種子充實而降至0.2%以下。夏作在 R3 期以前的莖桿與根部磷濃度較低，約爲0.3%，高雄 3 號於 R4 期，十石於 R5 期達到最高峰，但在種子充實期間亦直線下降，速率尤高於春作，收穫時之濃度亦在 0.2%以下。

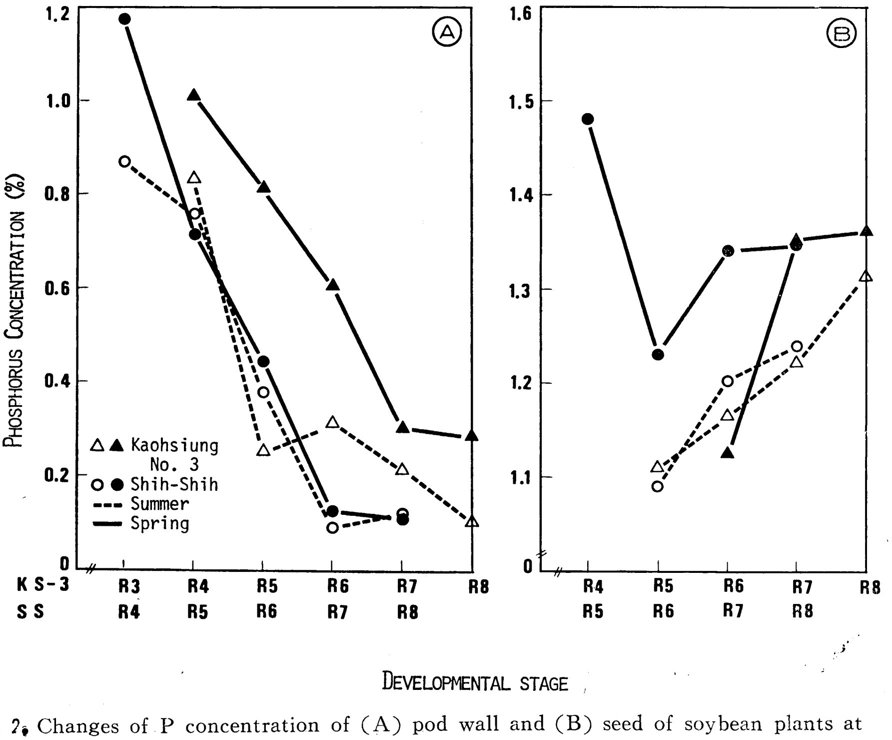

Fig. 2. Changes of P concentration of (A) pod wall and (B) seed of soybean plants at successive reproductive stages in the summer (1981) and spring (1982) crop seasons.

莢果壁磷濃度於豆莢形成（R4）時最高，春作可達1.2%，夏作亦在0.8%以上（圖2A），在種子發育與成熟的過程中又連續下降，幅度極大，成熟時除春作之高雄3號外（0.3%），其餘皆在0.1%左右，顯示磷素有直接自莢果壁轉移至種子的可能。種子磷濃度的變化示於圖 2B，種子為大豆植株含磷濃度最高的部位，各生育期均介於1.1—1.4%，除春作十石品種種子於 R5 期濃度特高(1.48%）外，大致有隨種子充實而濃度增高之趨勢，成熟種子的含磷量在1.2%與1.4%之間。

營養生長期間葉片鉀濃度大致由2.0%降至1.5%，隨後的變化因期作而有異（圖3A）；春作兩品種鉀濃度續有升降，在豆莢發育初期（R3 或 R4 期）及種子充實期（R6 或 R7 期）較高，最高可達2.3%以上，在種子充實後期鉀濃度方有明顯的下降，但脫落以前之葉片仍保有1.5%以上之鉀濃度。夏作葉片含鉀量明顯的低於春作，且有隨生育期而連續下降的現象，在整個生殖生長過程中，濃度自1.4%左右降至1%。

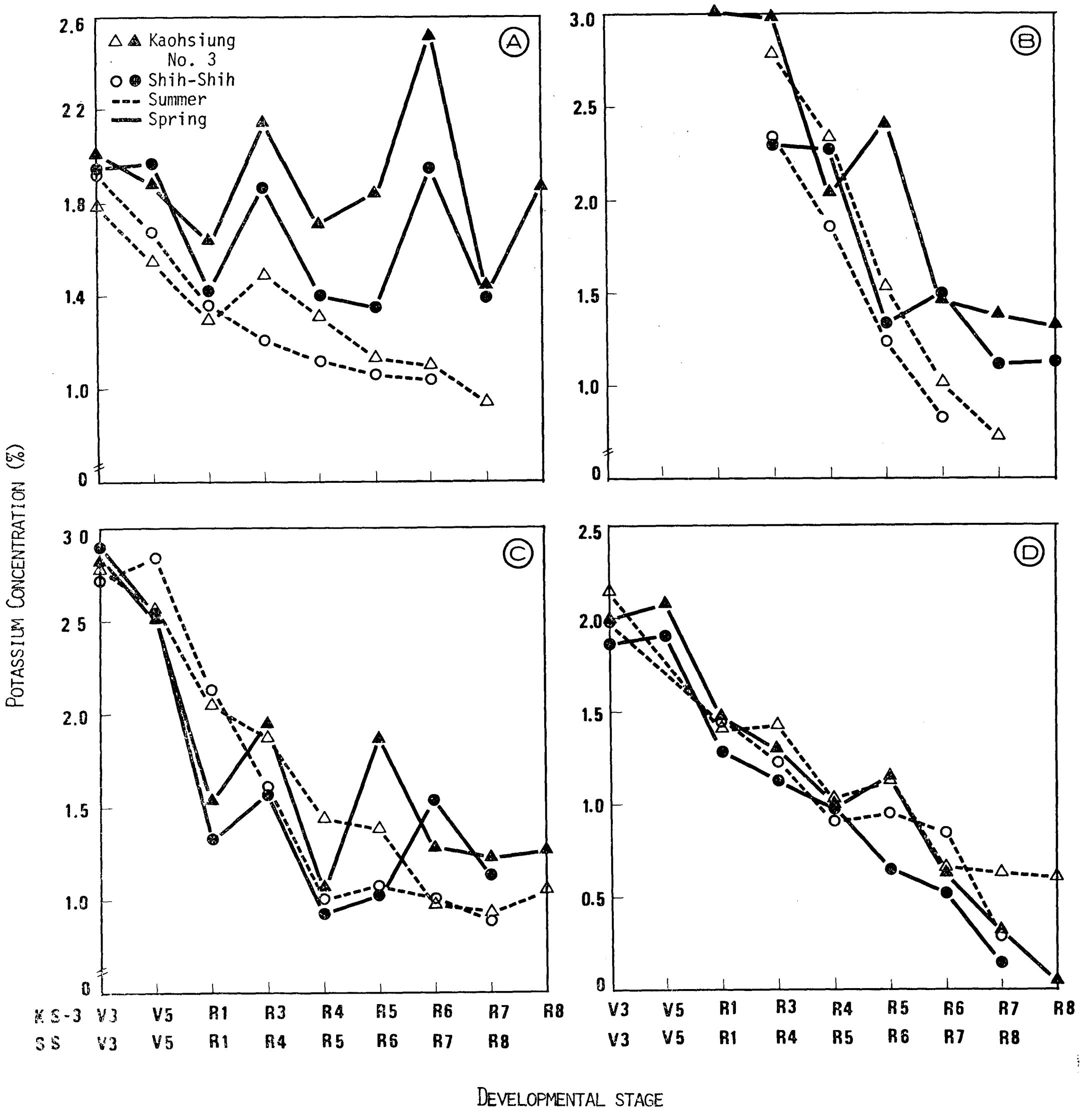

Fig. 3. Changes of K concentration of (A) leaf blade, (B) petiole, (C) stem and (D) root of soybean plants at successive developmental stages in the summer (1981) and spring (1982) crop seasons.

葉柄與莖桿的鉀濃度相近，生育初期並高於葉片，介於2.5—3.0%之間（圖 3B-C），根部濃度則略低，約爲 2 %左右（圖 3D）。雖然春作兩品種莖桿鉀濃度在生育過程中呈起伏變化，三個營養器官中的含鉀濃度均有持續下降的趨勢，期作間的表現亦頗爲一致。生殖生長期間葉柄鉀濃度下降以夏作的幅度較大，收穫時春作葉柄含鉀量爲1.2%，遠較夏作之0.8%高；莖桿中之濃度下降亦以夏作較爲明顯，成熟時之含鉀量以夏作爲低。根部的表現則有不同，雖然在 R6—R7 期以前各品種或期作的濃度皆相近，但植株成熟時春作所含濃度低於0.2%，夏作較高，在0.3—0.7 %之間。

莢果壁鉀濃度的變化示於圖 4A，除高雄 3 號於 R4—R5 期之濃度特高（2.4%），且 R6—R8 期之間變化不大之外，其餘之表現約略相近。種子充實期間莢果壁鉀濃度的下降以夏作高雄 3 號的降幅最小（2.1%至1.8%），十石較爲顯著（2.0%至1.4%），春作高雄 3 號在 R5—R6 期大幅下降（自2.6%至1.9%）後即維持不變，十石的降低時間較晚（R7—R8），自 2.2%至1.5%。種子內鉀濃度除春作十石品種外，皆於充實期間明顯上升，成熟時的濃度在1.7%—2.0%之間，春作較夏作爲高（圖 4B）。

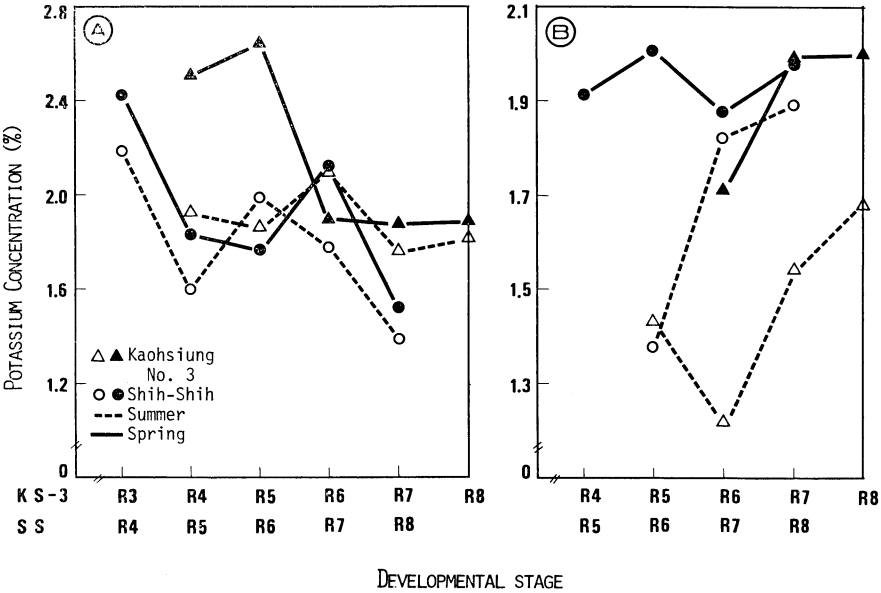

Fig. 4. Changes of K concentration of (A) pod wall and (B) seed of soybean plants at successive reproductive stages in the summer (1981) and spring (1982) crop seasons.

春作大豆葉片鎂濃度多在0.3—0.5%之間，夏作在 R4 期以前濃度相近，其後則低於0.3%（圖 5A）。就變化趨勢而言，春作在 R4 期以前葉片鎂濃度持續下降，在 R4—R6 期又明顯上升，於種子充實階段再度大幅降低；夏作二品種係於 V5 期達最高濃度（0.46—0.51%），而後隨植株之發育逐漸下降，至 R7 期略有回升。成熟（脫落）前之葉片含鎂濃度，兩期作均在0.3—0.4%之間。

圖 5B 爲葉柄鎂濃度的變化，在 R4 期以前濃度下降，但其後則有非常明顯的升高，春作可自0.35%升至0.75%，夏作自0.42%升至0.65%，與其他元素多呈連續下降的表現迴然不同。莖桿鎂濃度的變化在期作與品種間皆相類似（圖 5C），均自 V3 期之最高濃度（春作爲0.65—0.68%，夏作爲0.43—0.46%）隨生育之進行逐漸下降，除春作高雄 3 號外，以 R8 期的濃度（0.2%以下）最低。根部鎂濃度在 V5—R5 期之間的變化不大，約爲0.25—0.35%（圖 5D），但在種子充實期間大幅下降，幅度又以春作較爲明顯，成熟期夏作大豆根部鎂濃度爲0.17—0.24%，春作僅有0.06—0.08

%。

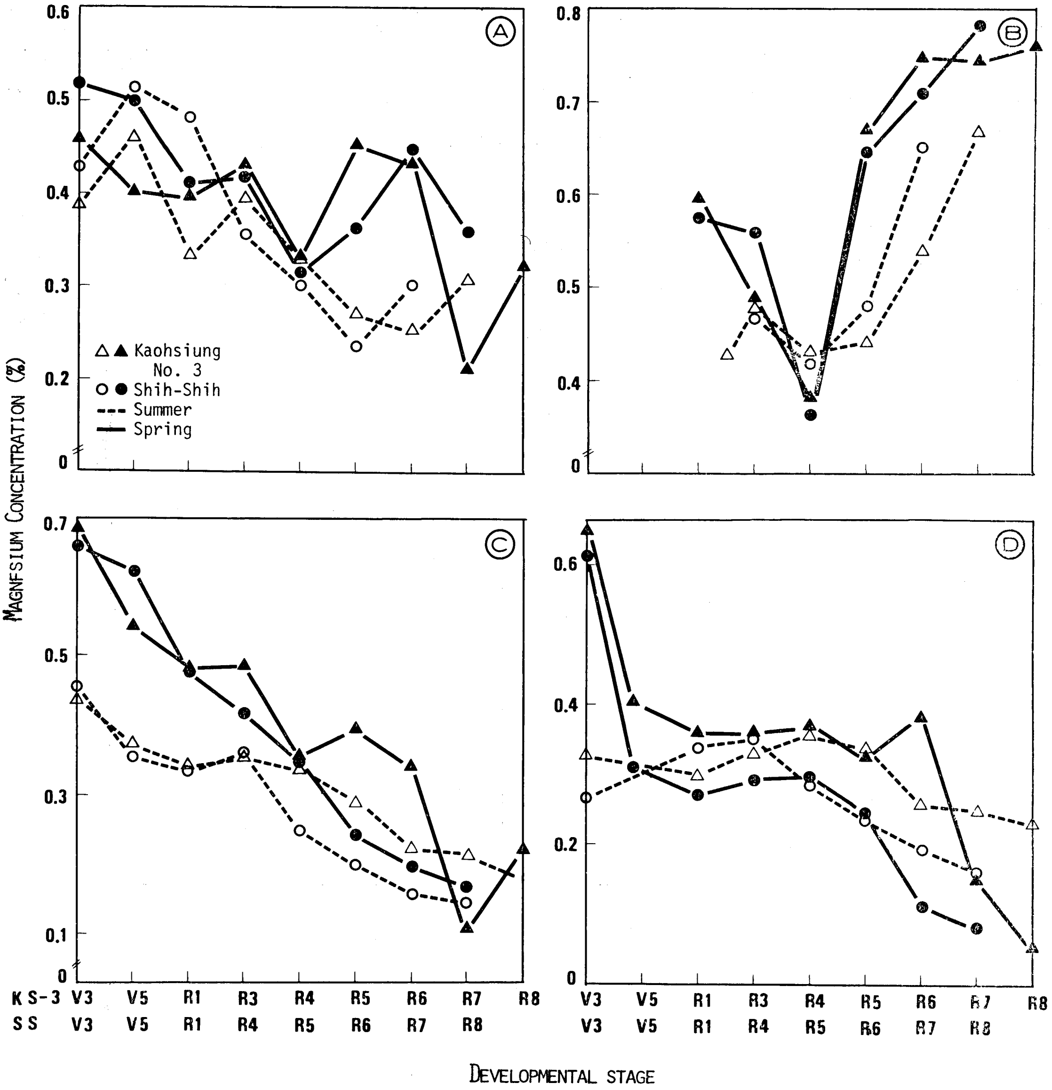

Fig. 5. Changes of Mg concentration of (A) leaf blade, (B) petiole, (C) stem and (D) root of soybean plants at successive developmental stages in the summer (1981) and spring (1982) crop seasons.

自豆莢開始形成後，莢果壁內鎂濃度均有先降後升的趨向（圖 6A），尤以種子充實期間的上升最爲顯著，自0.3—0.4%增至0.5—0.6%，成熟時之莢果壁含有0.5—0.6%鎂素，除葉柄外，爲含量最高之器官。種子含鎂濃度很低（0.2—0.3%），十石品種在兩期作的表現較爲一致，自種子形成初期開始逐漸上升，但 R7—R8 期之間又明顯下降，原因不明。高雄 3 號種子鎂濃度在春作遞減，夏作漸升，呈相反的趨勢。成熟種子的含鎂量在春作爲0.19—0.24%，夏作爲0.29—0.30%，但均低於磷、鉀之濃度。

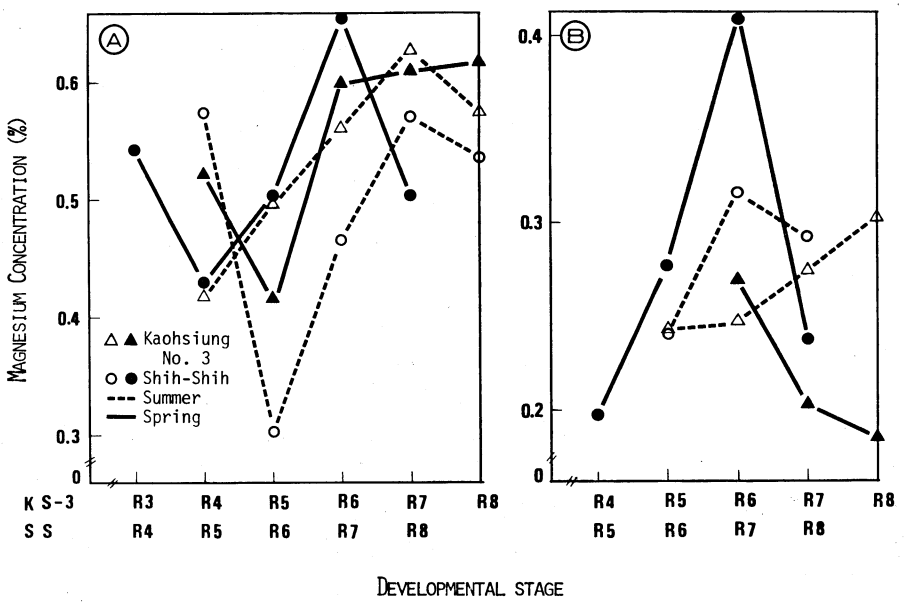

Fig. 6. Changes of Mg concentration of (A) pod wall and (B) seed of soybean plants at successive reproductive stages in the summer (1981) and spring (1982) crop seasons.

討　論

本試驗中葉片磷濃度多介於0.4—0.8%，均在 Hanway and Olson[7] 與 Ozanne[25] 所建議之 0.1—0.8%安全範圍內，顯示供試植株的磷素營養正常。春作大豆營養器官磷濃度在豆莢發育完全（R4 期）以前，均遠較夏作爲高；王等[1] 指出春作大豆由營養生長進入生殖生長時，其營養器官的生長更加旺盛，而使生殖器官的乾物質累積受到營養器官的劇烈競爭，磷又被認爲與作物體內各種代謝作用，尤其與能量的代謝作用有關[25]，春作大豆是否因含有較高的磷與其他元素濃度[2] 而有較旺盛的營養生長，仍有待證實。自種子發育（R5 期）以後，葉片磷濃度以春作較高，可能顯示向種子的轉移量較少，或係受到積儲容量（sink size）較小的影響[1]，但春作大豆在種子充實過程中，葉柄、莖桿與根部的磷濃度均明顯降低，與夏作的表現相近，似又表示自葉片經由葉柄與莖向種子的轉移受到阻礙，是否春作生長環境促使葉片提早老化，使磷素的轉運受到選擇性的限制，抑或種子容受量小，無需由葉片供應磷素，尙待進一步的試驗證明。唯經由期作間磷濃度的比較（圖 1）與夏作有較高的種子產量[1]，表示二者之間並無絕對的明確關係。

Miller *et al.*[22] 指出欲使大豆有最高的種子產量，葉片鉀臨界濃度應爲2.7%，然而 de Mooy *et al.*[10] 却認爲2.15%已爲葉片鉀濃度之上限；本試驗所得葉片鉀濃度除春作高雄 3 號於 R6 期高達2.54%外，其他皆在2.2%以下，應未超過合理上限；夏作大豆葉片鉀濃度自 R1 期以後皆低於1.4%，明顯的較春作爲低，但夏作又有較高的產量（高雄 3 號爲 3,500kg/ha，十石爲 2,570kg/ha，春作分別爲 1,940與 1,360kg/ha），顯示在本試驗中鉀營養狀況不致影響種子產量，與磷素部份之結果相同。

Hanway and Weber[15] 與 Sesay and Shibles[26] 均指出大豆葉片鉀濃度在生殖生長期逐漸下降，本試驗之夏作有類似表現，可解釋爲向種子的轉移，但春作葉片鉀濃度的下降並不明顯，尤其自種子充實期開始，有先大幅上升而後急遽下降的現象，兩品種的表現頗爲一致。Barber[5] 報告大

豆地上部鉀濃度在全生育期逐漸下降，而根部吸收鉀的能力也隨株齡之增加而降低，本試驗除春作葉片外，其他植株部位均有相似的結果， 尤以根部鉀濃度可自生育初期（V3）的２％降至生育後期（R7—R8）的0.5％以下，而 R5 期以後根部乾物重即持續大幅下降[1]， 顯示根之吸收量遠低於向外轉移量。在生殖器官方面，春作莢果壁與種子的鉀濃度均較夏作爲高，莢果壁所含鉀素有再轉移的現象，而春作種子在充實過程中的濃度持續上升，表示乾物質累積速度不及鉀累積速度，與氮素的表現不同（未發表資料），可能爲春作環境因子影響種子乾物質累積（產量）的直接結果。就植株各部位鉀濃度的變化趨向而言，同一期作兩品種的表現極爲一致，期作間的差異則很明顯，顯示鉀營養狀況易受環境因子影響。

依據 Harper[18] 的報告，鎂在大豆篩管中不易移動，故全生育期間植株內濃度變化不大，本試驗中葉片、莖桿與根部鎂濃度自生育初期開始即多呈下降趨勢，葉柄則有多量累積，與 Harper[18] 的結果不盡相同。de Mooy *et al.*[12] 認爲開花末期葉片鎂濃度可以做爲營養指標，並建議0.26—1.00％最爲適合，高於 1.51％即爲過量，本試驗葉片鎂濃度在 R4 期以前爲 0.3—0.6％，其後夏作的濃度降低，應爲轉移至種子的結果。葉柄部位鎂濃度自 R4 期（約0.4％）以後急劇升高，在脫落以前的濃度，春作接近 0.8％，夏作亦在 0.6％以上，本研究室未發表的資料顯示，同一時期（R4—R7）葉柄鈣濃度可自2.2％升至3.5％，葉片則自1.2—1.4％升至2.3—2.6％，顯示二價離子的累積與葉片及葉柄之老化、離層（abscission layer）的產生和脫落有極爲密切的關係。

綜合本試驗之結果，三種元素在大豆植株內的變化情形，以期作的影響較爲明顯，品種間的差異反而較小，顯示其吸收與轉移受環境因子的作用甚大， 此亦爲大豆係一易受環境因子影響之作物[3] 提出佐證。夏作大豆的產量較春作爲高[1]，但營養器官內 P、K與 Mg 濃度又多較春作爲低（圖１、３、５），表示其濃度如在合適範圍內，絕對值之高低似與產量無明確的關係，前文[2] 對 N 素試驗之報告，也有相似的結果；欲究明營養狀況與產量間的關係，似應再配合植株乾物質生產與分配方面的資料予以解釋，對大豆而言，莢果的發育與容受量（亦即 sink size）對植株營養生理更具有重要的影響，在期作間進行比較，發現夏作大豆營養器官在莢果充實期間要素濃度降低之幅度均較春作爲大，亦即自營養器官向種子再轉移的量較多，濃度因而更形降低；春作由於產量低而積儲容積小，故營養要素在營養器官中之累積較爲明顯。換言之， 春作環境因子不良[1] 使莢果的發育與充實受阻，進而影響植株養份濃度的表現，亦即較高的無機要素濃度不一定保證有較高的產量。

引用文獻

1.王强生、曹文隆、劉大江・1984・大豆植株之乾物質累積與分佈。中華農業研究33(2)：117—125。

2.王强生、魏夢麗、劉大江・1984・大豆植株營養要素之累積與分佈 1.全生育期非構造性碳水化合物及氮素濃度之變化。中華農業研究33(3)：247—256。

3.盧英權・1953・臺灣大豆品種對栽培季節之適應性。農林學報２：99—107。

4. Adams, F. 1980. Interactions of phosphorus with other elements in soils and in plants. *In* The role of phosphorus in agriculture (F. E. Khasawneh, E. C. Sample and E. T. Kamprath eds.). Amer. Soc. Agron., Madison, Wisc.

5. Barber, S. A. 1978. Growth and nutrient uptake of soybean roots under field condition. Agron. J. 70：457-461.

6. Bethlenfalvay, G. J. and J. F. Yoder. 1981. The glycine-Glomus-Rhizobium symbiosis. I. Effects of phosphorus on nitrogen fixation and mycorrhizal infection. Physiol. Plant. 52：141-145.

7. Boote, K. J., R. N. Gallaher, W. K. Robertson, K. Hinson and L. C. Hammond. 1978. Effect of foliar fertilization on photosynthesis, leaf nutrition and yield of soybeans. Agron. J. 70：787-791.

8. Cassman, K. G., A. S. Whitney and K. R. Stockinger. 1980. Root growth and dry matter distribu-

tion of soybean as affected by phosphorus stress, nodulation and nitrogen source. Crop Sci. 20 : 239-244.

9. Conti, T. R. and D. R. Geiger. 1982. Potassium nutrition and translocation in sugar beet. Plant Physiol. 70 : 168-172.

10. De Mooy, C. J. and J. Pesek. 1966. Nodulation responses of soybeans to added phosphorus, potassium and calcium salts. Agron. J. 58 : 275-280.

11. De Mooy, C. J. and J. Pesek. 1970. Differential effects of P, K and Ca salts on leaf composition, yield and seed size of soybean lines. Crop Sci. 10 : 72-77.

12. De Mooy, C. J., J. L. Young and J. D. Kaap. 1973. Comparative response of soybeans and corn to phosphorus and potassium. Agron. J. 65 : 851-855.

13. Geiger, D. R. and T. R. Conti. 1983. Relation of increased potassium nutrition to photosynthesis and translocation of carbon. Plant Physiol. 71 : 141-144.

14. Gent, M. P. N. 1982. Effect of defoliation and depodding on long distance translocation and yield in Y-shaped soybean plants. Crop Sci. 22 : 245-250.

15. Hanway, J. J. and C. R. Weber. 1971. N, P and K percentages in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) plant parts. Agron. J. 63 : 286-290.

16. Hanway, J. J. and C. R. Weber. 1971. Accumulation of N, Pand K by soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) plants. Agron. J. 63 : 406-408.

17. Hanway, J. J. and R. A. Olson. 1980. Phosphate nutrition of corn, sorghum, soybean and small grains. *In* The role of phosphorus in agriculture (F. E. Khasawneh, E. C. Sample and E. J. Kamprath eds.). Amer. Soc. Agron., Madison, Wisc.

18. Harper, J. E. 1971. Seasonal nutrient uptake and accupulation patterns of soybeans. Crop Sci. 11 : 347-350.

19. Hewitt, E. J. and T. A. Smith. 1974. Plant mineral nutrition. John Wiley & Sons, New York.

20. Issac, R. A. and J. B. Jones. Jr. 1972. Effects of various dry ashing temperatures on the determination of 13 nutrient elements in five plant tissues. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 3 : 261-269.

21. Liu, D. J. 1975. Composition and distribution of minerals in barley (*Hordeum vulgare* L.). Ph. D. thesis, University of Wisconsin.

22. Miller, R. L., J. T. Pesek, J. J. Hanway and L. C. Dumenil. 1964. Soybean yields and plant composition as affected by phosphorus and potassium fertilizers. Iowa Agri. Home Econ. Exp. Sta. Res. Bull. 524.

23. Nelson, W. L., L. Burkhardt and W. E. Colwell. 1946. Fruit development, seed quality, chemical composition and yield of soybeans as affected by potassium and magnesium. Soil Sci. Assoc. Amer. Proc. 10 : 224-229.

24. Ojima, M., J. Fukui and I. Wantanabe. 1965. Studies on the seed production of soybeans. II. Effect of three major nutrient elements supply and leaf age on the photosynthetic activity and diurnal changes in photosynthesis of soybean under constant temperature and light intensity. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 33 : 437-442.

25. Ozanne, P. G. 1980. Phosphate nutrition of plants - a general treatise. *In* The role of phosphorus in agriculture (F. E. Khasawneh, E. C. Sample and E. J. Kamprath eds.). Amer. Soc. Agron., Madison, Wisc.

26. Sesay, A. and R. Shibles. 1980. Mineral depletion and leaf senescence in soybean as influenced by foliar nutrient application during seed filling. Ann. Bot. 45 : 47-55.

27. Wildner, G. F. 1981. Ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase-oxygenase : aspects and prospects. Physiol. Plant. 52 : 385-389.

Accumulation and Distribution of Nutrients in Soybeans

II. Changes of P, K and Mg Concentrations during Plant Development[1]

C. S. Wang[2], M. L. Wei[3] and D. J. Liu[3]

Summary

Two soybean cultivars, Kaohsiung No. 3 (KS-3) and Shih-Shih (SS), were grown in the summer crop of 1981 and spring crop of 1982 at the experimental farm of Taiwan Agricultural Research Institute. Concentrations of P, K and Mg were determined in various plant fractions at stages of soybean development. The purpose was to study the nutritional status in relation to grain yield of soybeans cultured in different crop seasons. Experimental results indicated that concentrations of the three elements were all within the resonable ranges. Vegetative organs (leaf blade, leaf petiole, stem and root), especially the leaf blade, of the spring-grown soybeans contained higher P, K and Mg concentrations than those of the summer-grown soybeans. The concentrations decreased in the vegetative organs during grain-filling, suggesting redistribution of minerals to the seed. The redistribution was more prominent for the summer crop. The only exception was observed for Mg concentration in the leaf petiole which increased drastically during the same period. One possible explanation was that the accumulation of Mg was associated with senescence and the formation of abscission layer. The spring crop also contained higher P and K concentrations in the reproductive organs than the summer crop. Redistribution of P and K from pod wall to the seed was obvious during grain-filling. However, accumulation of Mg in the pod wall was observed. Patterns of changes in mineral concentations during development were similar for cultivars grown in the same crop season, indicating significant environmental impacts on the mineral status of soybean plants. The high elemental concentrations along with the low grain yield of the spring crop revealed no clear relationship between the two characters. It was concluded that low grain yield due to the unfavorable environmental factors in the spring crop season was the major cause of the high mineral concentrations in the vegetative organs of the maturing soybean plants.

---

1. Contribution No. 1186 from Taiwan Agricultural Research Institute. Part of a thesis submitted by the senior author in partial fulfillment for the M. S. degree.
2. Former graduate student, Research Institute of Food Crops, National Chung-Hsing University ; currently assistant agronomist, Department of Agronomy, TARI.
3. Respectively, research assistant and senior agronomist and head, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung Hsien , Taiwan 431, ROC.